

DIALOG(R)File 351:Derwent WPI  
(c) 2002 Thomson Derwent. All rts. reserv.

012704155 \*\*Image available\*\*

WPI Acc No: 1999-510264/199943

XRFX Acc No: N99-380403

Method of monitoring tire pressures of motor vehicle wheels

Patent Assignee: DAIMLERCHRYSLER AG (DAIM )

Inventor: BORENIUS G; BRAUN F; GRUENBERG H

Number of Countries: 026 Number of Patents: 003

Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applicat No	Kind	Date	Week
EP 938987	A2	19990901	EP 99101820	A	19990128	199943 B
DE 19807880	A1	19990909	DE 1007880	A	19980225	199943
US 6092415	A	20000725	US 99257243	A	19990225	200038

Priority Applications (No Type Date): DE 1007880 A 19980225

Patent Details:

Patent No	Kind	Lan	Pg	Main IPC	Filing Notes
EP 938987	A2	G	10	B60C-023/04	
Designated States (Regional): AL AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT					
LI LT LU LV MC MK NL PT RO SE SI					
DE 19807880	A1			B60C-023/00	
US 6092415	A			B60C-023/02	

Abstract (Basic): EP 938987 A2

NOVELTY - The method involves measuring the slip and peripheral tire force for at least one drive wheel during travel in the form of tire peripheral force-slip measurement pairs and determining a compensation graph for the measurement pairs.

DETAILED DESCRIPTION - The offset value for the graph is determined with respect to the null point in a characteristic field conclusions are drawn from the offset value for the wheel radius ratio for at least one driven and undriven wheels. The relative tire pressures are determined from the ratio(s). An INDEPENDENT CLAIM is also included for an arrangement for monitoring tire pressures of motor vehicle wheels.

USE - For monitoring tire pressures of motor vehicle wheels.

ADVANTAGE - Enables indirect, practically continuous monitoring of tire pressures at relatively low cost.

DESCRIPTION OF DRAWING(S) - The drawing shows a section from a peripheral force-slip characteristic field in the micro-slip region with acquired measurement pairs and linear regression lines for indirect relative pressure determination.

pp; 10 DwgNo 3/4

Title Terms: METHOD; MONITOR; PRESSURE; MOTOR; VEHICLE; WHEEL

Derwent Class: Q11; S02; X22

International Patent Class (Main): B60C-023/00; B60C-023/02; B60C-023/04

International Patent Class (Additional): B60C-023/06; G01L-003/16; G01L-017/00; G01P-003/48; G05B-013/02; G06F-015/00; G08B-007/00

File Segment: EPI; EngPI

Manual Codes (EPI/S-X): S02-F04C1; X22-E02B

?

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



⑮ **BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 198 07 880 A 1**

⑳ Aktenzeichen: 198 07 880.3  
㉔ Anmeldetag: 25. 2. 98  
㉕ Offenlegungstag: 9. 9. 99

⑤① Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**B 60 C 23/00**  
G 05 B 13/02  
G 08 B 7/00  
G 06 F 15/00  
G 01 L 3/16  
G 01 L 17/00  
G 01 P 3/48

**DE 198 07 880 A 1**

⑦① Anmelder:  
DaimlerChrysler AG, 70567 Stuttgart, DE

⑦② Erfinder:  
Braun, Fritz, 71394 Kernen, DE; Borenus, Gunnar,  
Dr.-Ing., 73773 Aichwald, DE; Grünberg, Heiko,  
31303 Burgdorf, DE

⑤② Entgegenhaltungen:  
DE 43 27 492 C1  
DE 44 00 913 A1  
US 57 47 686

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Verfahren und Vorrichtung zur Überwachung des Reifenluftdrucks von Rädern eines Kraftfahrzeuges

⑤⑦ Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Bestimmung des Reifenluftdrucks von Rädern eines Kraftfahrzeuges unter Heranziehung von im laufenden Fahrbetrieb erfaßten Reifenumfangskraft-Schlupf-Meßwertpaaren für wenigstens ein angetriebenes Rad.

Erfindungsgemäß ermittelt eine entsprechende Auswerteeinheit zu erfaßten Reifenumfangskraft-Schlupf-Meßwertpaaren eine Ausgleichskurve und deren Offsetwert bezüglich des Nullpunktes im Reifenumfangskraft-Schlupf-Kennfeld. Aus dem Offsetwert wird auf das zugehörige Radradienverhältnis zwischen dem wenigstens einen angetriebenen und einem nicht angetriebenen Rad geschlossen und daraus der relative Reifenluftdruck der Räder bestimmt.

Verwendung z. B. bei Automobilen.

**DE 198 07 880 A 1**

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Überwachung des Reifenluftdrucks von Rädern eines Kraftfahrzeuges, speziell auf ein solches Verfahren und eine solche Vorrichtung, bei denen wenigstens für einen Teil der Fahrzeugräder der Reifenluftdruck, nachfolgend auch kurz Reifendruck bezeichnet, nicht direkt mittels einer entsprechenden Reifenluftdrucksensorik, sondern indirekt ermittelt wird.

Es sind bereits verschiedentlich Verfahren und Vorrichtungen zur indirekten Bestimmung des Reifendrucks von Fahrzeugrädern bekannt geworden, siehe die Patentschrift DE 43 27 492 C1 und den dort genannten Stand der Technik. Bei diesen bekannten Verfahren und Vorrichtungen ist die Reifendruckermittlung meist auf sehr spezielle, insbesondere weitestgehend antriebskraftfreie Fahrzustände beschränkt. So ist bei dem in der DE 43 27 492 C1 vorgeschlagenen Reifendruckwarnverfahren vorgesehen, den Reifendruck indirekt aus einem Raddrehzahlabgleich und entsprechenden Raddrehzahlskalierungsfaktoren abzuleiten und dabei die zugrundeliegenden Raddrehzahlen nur während Fahrzuständen zu messen, in denen das Antriebsmoment unterhalb eines vorgegebenen Antriebsmoment-Grenzwertes liegt und spezielle weitere Bedingungen erfüllt sind. Konkret werden bei diesem bekannten Verfahren nur Praktisch antriebskraftfreie Fahrzustände berücksichtigt, bei denen das Fahrzeug quasi antriebskraftfrei rollt und zudem keine merkliche Kurvenfahrt vorliegt. Diese Vorgehensweise kann dazu führen, daß für längere Zeit, wenn beispielsweise an Steigungen oder bei schnellerer Autobahnfahrt ständig Antriebskräfte wirken, keine Reifendrucküberwachung erfolgt.

Der Erfindung liegt als technisches Problem die Bereitstellung eines Verfahrens und einer Vorrichtung zugrunde, mit denen sich der Reifenluftdruck von Kraftfahrzeugrädern mit relativ geringem Aufwand indirekt und möglichst kontinuierlich bestimmen und damit überwachen läßt, insbesondere auch während Fahrzuständen, in denen Antriebskräfte an den Rädern wirksam sind.

Die Erfindung löst dieses Problem durch die Bereitstellung eines Verfahrens mit den Merkmalen des Anspruchs 1 sowie einer Vorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 5.

Beim Verfahren nach Anspruch 1 werden für wenigstens ein angetriebenes Rad laufend der Schlupf und die zugehörige Reifenumfangskraft, auch Reifenlängskraft genannt, in Form jeweiliger Reifenumfangskraft-Schlupf-Meßwertpaare erfaßt, und es wird wenigstens zu einem ausgewählten Teil dieser erfaßten Meßwertpaare eine Ausgleichskurve sowie deren Offsetwert bezüglich des Nullpunktes im Reifenumfangskraft-Schlupf-Kennfeld ermittelt. Aus diesem Offsetwert wird dann auf das zugehörige Radradienverhältnis zwischen dem wenigstens einen angetriebenen Rad und einem nicht angetriebenen Rad geschlossen und daraus der relative Reifenluftdruck der Räder bestimmt. Diese Vorgehensweise ist mit relativ geringem Aufwand realisierbar, insbesondere auch deshalb, weil die zur Schlupf- und Reifenumfangskrafterfassung benötigten Informationen, z. B. über Raddrehzahlen, Motordrehzahl und -moment sowie Fahrgeschwindigkeit, bei modernen Fahrzeugen ohnehin vorhanden sind, beispielsweise für ein Antiblockiersystem. Dadurch wird eine relative Reifenluftdruckinformation zwischen einem angetriebenen und einem nicht angetriebenen Rad ohne Verwendung eines Drucksensors gewonnen.

Bei einem nach Anspruch 2 weitergebildeten Verfahren werden spezifisch diejenigen Reifenumfangskraft-Schlupf-Meßwertpaare zur Ermittlung der Ausgleichskurve herange-

zogen, die in einem Mikroschlupfbereich liegen. In diesem Bereich ist der funktionale Zusammenhang zwischen Reifenumfangskraft und Schlupf erfahrungsgemäß in sehr guter Näherung linear, weshalb als Ausgleichskurve eine Gerade angesetzt wird. Diese kann beispielsweise anhand von zwei Meßwertpaaren oder als eine Regressionsgerade für mehr als zwei Meßwertpaare definiert werden.

In einer Weiterbildung der Erfindung nach Anspruch 3 erfolgt die verfahrensgemäße relative Reifenluftdruckbestimmung sowohl für die jeweils seitengleichen als auch für die diagonal gegenüberliegenden Radpaare, wodurch eine höhere Sicherheit der Reifenluftdruckbestimmung erzielt wird.

Bei einem nach Anspruch 4 weitergebildeten Verfahren wird an wenigstens einem Rad der absolute Reifenluftdruck durch eine zugeordneten Drucksensorik direkt bestimmt. Dieser direkt ermittelte Druckwert wird dann als Referenzdruckwert für den für wenigstens ein anderes Rad ermittelten relativen Reifenluftdruckwert benutzt. Damit ist es z. B. unter Verwendung nur eines Drucksensors an einem Rad möglich, den absoluten Reifenluftdruck für alle Räder eines Kraftfahrzeugs zu bestimmen.

Bei einem nach Anspruch 5 weitergebildeten Verfahren wird zusätzlich die Steigung der ermittelten Ausgleichskurve bestimmt und daraus auf die vorhandene Radlast geschlossen.

Die Vorrichtung nach Anspruch 6 eignet sich zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens. Die nach Anspruch 7 weitergebildete Vorrichtung eignet sich speziell zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 4.

Eine vorteilhafte Ausführungsform der Erfindung ist in den Zeichnungen dargestellt und wird nachfolgend beschrieben. Hierbei zeigen:

Fig. 1 ein Blockdiagramm einer Vorrichtung zur Reifenluftdrucküberwachung von Rädern eines Kraftfahrzeuges,

Fig. 2 ein detaillierteres Blockdiagramm eines in Fig. 1 verwendeten Schlupfrechners,

Fig. 3 ein Ausschnitt aus einem Reifenumfangskraft-Schlupf-Kennfeld im Mikroschlupfbereich mit aufgenommenen Meßwertpaaren und linearer Regressionsgerade zur indirekten relativen Reifenluftdruckermittlung durch die Vorrichtung von Fig. 1 und

Fig. 4 ein Blockdiagramm eines in einem Auswerterechner von Fig. 1 implementierbaren Kalman-Filters zur Ausgleichskurvenbestimmung.

Fig. 1 zeigt eine Vorrichtung zur Überwachung des Reifenluftdrucks, nachfolgend kurz Reifendruck bezeichnet, von Rädern eines mit einem Antiblockiersystem ausgerüsteten Automobils. Die Reifendruckbestimmung erfolgt für wenigstens ein Rad indirekt anhand erfaßter Reifenumfangskraft-Schlupf-Meßwertpaare. Der hierzu verwendeten Vorgehensweise liegen folgende Überlegungen und Festlegungen zugrunde. Der Schlupf  $\lambda$  wird definiert als das Verhältnis der Differenz der Radumfangsgeschwindigkeit zwischen einem angetriebenen und einem nicht angetriebenen Rad zur Radumfangsgeschwindigkeit des angetriebenen Rades. Mit den Bezeichnungen  $r_a$  für den Radius des angetriebenen Rades,  $r_n$  für den Radius des nicht angetriebenen Rades,  $t_a$  für die Zeitdauer einer Umdrehung des angetriebenen Rades sowie  $t_n$  für die Zeitdauer einer Umdrehung des nicht angetriebenen Rades gilt dann für den Schlupf  $\lambda$  die Beziehung

$$\lambda = 1 - kt_a/t_n,$$

mit dem sogenannten Kalibrierfaktor  $k=r_n/r_a$ , d. h. der Kalibrierfaktor  $k$  gibt das Radradienverhältnis des nicht angetriebenen Rades zum angetriebenen Rad an. Alternativ sind auch andere, ähnliche Definitionen des Schlupfes  $\lambda$  gängig,

wobei in jedem Fall in diese Beziehung zusätzlich zu den Umdrehungsdauern  $t_a$ ,  $t_b$  der Kalibrierfaktor  $k$  eingeht. Da am angetriebenen Rad per definitionem der Schlupf  $\lambda$  gleich null sein sollte, wenn keine Antriebskraft anliegt, sollte die Reifenumfangskraft-Schlupf-Kennlinie durch den Nullpunkt des entsprechenden Reifenumfangskraft-Schlupf-Kennfeldes gehen. Eine Abweichung von dieser Gesetzmäßigkeit läßt folglich auf eine Fehlbestimmung des wahren Schlupfes, d. h. des von der Antriebskraft und damit der Reifenumfangskraft bedingten Schlupfes, aufgrund fehlerhafter Annahmen über die Radien  $r_a$ ,  $r_b$  der betreffenden Räder, d. h. über den Kalibrierfaktor  $k$  schließen. Daher läßt sich aus dem Offsetwert der Reifenumfangskraft-Schlupf-Kennlinie, z. B. in Form von deren Schlupfwert bei Reifenumfangskraft null, ein neuer Kalibrierfaktor  $k$  ermitteln, bei dessen Verwendung in der obigen Beziehung für den Schlupf  $\lambda$  dann die Reifenumfangskraft-Schlupf-Kennlinie wie gewünscht durch den Kennfeldnullpunkt geht. Der neu ermittelte Kalibrierfaktor gibt dann das wahre Radradienverhältnis wieder. Da letzteres unmittelbar mit dem relativen Reifenluftdruck der beiden beteiligten Räder zusammenhängt, kann aus dem neu ermittelten Kalibrierfaktor der relative Reifenluftdruck dieser Räder bestimmt werden, wodurch es insbesondere möglich ist, einen übermäßigen Druckabfall an einem der beiden Räder frühzeitig zu erkennen.

Während bei den meisten anderen, herkömmlichen Vorgehensweisen, bei denen der Reifendruck indirekt aus Radrehzahl- bzw. Radwinkelgeschwindigkeitsmessungen abgeleitet wird, nur weitestgehend antriebskraftfreie Fahrsituationen genutzt werden können, werden bei der vorliegenden Vorgehensweise gerade auch Fahrsituationen mit von null verschiedener Antriebskraft berücksichtigt. Denn die Ermittlung der Radumfangskraft-Schlupf-Kennlinie ist umso zuverlässiger, je größer der Schlupf- und der Reifenumfangskraft-Meßwertbereich ist, in welchem entsprechende Meßwertpaare vorliegen. Während die genannten herkömmlichen Methoden Zustände mit Antriebskraft- und Schlupfchwankungen ausblenden, verbessern solche Schwankungen beim vorliegenden, erfindungsgemäßen Verfahren die Genauigkeit der Neubestimmung des Kalibrierfaktors und damit des relativen Reifendrucks der Räder.

Die Vorrichtung von Fig. 1 eignet sich zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens. Sie beinhaltet vier vernetzte Einzelrechner, und zwar einen Schlupfrechner 1, einen intelligenten Analog/Digital-Wandler 2, eine intelligente Schnittstellenkarte 3 zur Erfassung der Motordaten des das Kraftfahrzeug antreibenden Motors und einen Leit- bzw. Auswerterechner 4, der als Auswertereinheit fungiert. Der Leit- bzw. Auswerterechner 4 ist dabei so dimensioniert, daß er zusammen mit den anderen Vorrichtungskomponenten problemlos in einem Automobil oder einem anderen Kraftfahrzeug als Teil der Fahrzeugelektronik mitgeführt werden kann. Der Schlupfrechner 1 wertet die Ausgangssignale einer Antiblockiersystem-Raddrehzahlsensorik 5 zwecks Ermittlung der Abrollzeiten für eine Radumdrehung, d. h. der Umdrehungsdauer, der Fahrzeugräder aus. Die Abrollzeiten lassen sich unter Berücksichtigung des aktuellen Rollradienverhältnisses, d. h. des Kalibrierfaktors  $k$ , direkt mit hoher Genauigkeit in zugehörige Schlupfwerte  $\lambda$  umrechnen. Der Schlupfrechner 1 übergibt die ermittelten Zahlenwerte über einen Zwischenspeicher 6 direkt an den Auswerterechner 4.

Zur Erfassung der Reifenumfangskraft ist eine Gelenkwellenmomentsensorik 7 vorgesehen, die mittels Dehnungsmeßstreifen das Gelenkwellenmoment erfaßt und über den A/D-Wandler 2 dem Auswerterechner 4 zuführt. Dabei wird die Reifenumfangskraft aus dem sensierten Gelenkwellenmoment unter Kenntnis der Differentialgetriebeübersetzung

und des statischen Abrollradius ermittelt, wobei vorausgesetzt wird, daß die Momentenverteilung des Ausgleichsgetriebes stets gleich ist. Zweckmäßigerweise werden die pro Radumdrehung erhaltenen, digitalisierten Gelenkwellenmomentwerte zur Bildung eines Kraftwertes für jede Radumdrehung gemittelt. Parallel dazu übermittelt die Schnittstellenkarte 3 Daten über die aktuellen Werte des Motormoments, der Motordrehzahl und der Einspritzmenge an den Auswerterechner 4, der anhand dieser Daten indirekt auf die Reifenumfangskraft schließen kann. Die Ermittlung der Radantriebskraft und damit der Reifenumfangskraft aus dem Motormoment benötigt dabei die Kenntnis über die momentane Getriebeübersetzung. Diese läßt sich aus der vom Schlupfrechner 1 ermittelten Abrollzeit der angetriebenen Räder und der zugehörigen Motordrehzahlinformation ableiten. Somit wird die Reifenumfangskraft unabhängig voneinander auf zwei Weisen ermittelt, was dazu genutzt werden kann, die Genauigkeit der Reifenumfangskraftermittlung zu erhöhen, indem z. B. ein Mittelwert gebildet wird, oder diesbezüglich eine Redundanz bereit zu stellen. Wenn sich die indirekte Reifenumfangskraftbestimmung über die Motordaten von der Schnittstellenkarte 3 als ausreichend genau und zuverlässig erweist, kann bei Bedarf auch auf die Gelenkwellenmomentsensorik 7 verzichtet werden. Umgekehrt kann in Fällen, in denen die Schnittstellenkarte 3 nicht vorhanden ist, die Reifenumfangskraft allein über die Gelenkwellenmomentsensorik 7 bestimmt werden.

Optional ist eine Reifendrucksensorik 8 vorgesehen, mit welcher der Reifendruck eines Teils der Fahrzeugräder, z. B. an genau einem Rad, absolut gemessen werden kann. Die Drucksensorik 8 übermittelt die entsprechende Druckinformation über den A/D-Wandler 2 an den Auswerterechner 4. Die Drucksensorik 8 kann dabei laufend eingesetzt werden, um an wenigstens einem Fahrzeugrad den absoluten Reifendruck zu erfassen, wobei dieser absolute Druckwert dann als Referenzwert dienen kann, anhand dessen für die übrigen Räder aus dem wie oben beschrieben ermittelten relativen Reifendruck der absolute Reifendruck abgeleitet werden kann. Dies erlaubt dann eine absolute Reifendruckbestimmung für alle Räder mittels eines Drucksensors an z. B. nur einem Rad. Alternativ kann die Reifendrucksensorik 8 auch nur dazu eingesetzt werden, die auf der Radumfangskraft-Schlupf-Erfassung basierende relative Reifendruckermittlung anfänglich oder von Zeit zu Zeit zu überprüfen bzw. zu kalibrieren, indem für eines oder mehrere Räder der Reifendruck sowohl indirekt und relativ über die Radumfangskraft-Schlupf-Erfassung als auch direkt und absolut über die Reifendrucksensorik 8 bestimmt wird. Für derartige Überprüfungsvorgänge kann zusätzlich eine Luftdruckregelung vorgesehen sein, mit der sich der Reifendruck definiert verändern läßt und welche die entsprechenden Informationen an den Auswerterechner 4 gibt.

Damit der Auswerterechner 4 Fahrzustände erkennen kann, in denen ein Bremsvorgang aktiv ist, wird ihm von einer Bremslichtsignaleinheit 9 eine entsprechende Bremslichtsignalinformation zugeführt.

Der Auswerterechner 4 ist so ausgelegt, daß er anhand der empfangenen Eingangsdaten einen Reifenfülldruckverlust in einem der Fahrzeugräder rechtzeitig zu erkennen vermag und in diesem Fall in üblicher Weise eine akustische oder optische Warnmeldung 10 abgibt.

Der Schlupf  $\lambda$  wird durch den Schlupfrechner 1 hochgenau ermittelt, so daß insbesondere auch zuverlässige Reifenumfangskraft Schlupf-Meßwertpaare im Mikroschlupfbereich, d. h. mit Schlupfbeträgen kleiner als etwa 2%, aufgenommen werden können. Ein hierfür geeigneter Aufbau des Schlupfrechners 1 ist in Fig. 2 genauer dargestellt. Der

Schlupfrechner 1 erhält von der Antiblockiersystem-Raddrehzahlsensorik 5, von der in Fig. 2 stellvertretend zwei Meßfühler 5a, 5b schematisch wiedergegeben sind, ein die zugehörige Raddrehzahlinformation enthaltendes, sinusförmiges Signal für jedes Rad. Der Schlupfrechner 1 wandelt diese Signale in Rechtecksignale um und zählt deren Periodendauer mittels einer jeweiligen Doppelzählerlogik anhand einer gegenüber der Rechtecksignalfrequenz wesentlich höheren Referenzfrequenz, die von einer entsprechenden Referenzfrequenzerzeugungseinheit bereitgestellt wird. Durch den Zählvorgang wird die Abrollzeit für das jeweilige Rad ermittelt, wobei in Fig. 2 stellvertretend die Bestimmung der Abrollzeit für ein hinteres, angetriebenes sowie für ein vorderes, nicht angetriebenes Rad veranschaulicht sind. Der Schlupfrechner 1 gibt die Abrollzeitinformationen in den Zwischenspeicher 6, aus dem sie dann vom Auswerterechner 4 ausgelesen werden können. Um eine fehlerfreie Zuordnung eines jeweiligen Reifenumfangskraft-Meßwertes zu einem Schlupf-Meßwert zwecks Bildung des entsprechenden Reifenumfangskraft-Schlupf-Meßwertpaares zu gewährleisten, gibt der Schlupfrechner 1 entsprechende Triggerimpulse an den A/D-Wandler 2 ab.

Anhand der Fig. 3 und 4 wird nachfolgend genauer auf die erfindungsgemäße relative Reifenluftdruckbestimmung eingegangen. Beispielhaft im besonders interessierenden Mikroschlupfbereich erhaltene, verschiedene Reifenumfangskraft-Schlupf-Meßwertpaare sind im Reifenumfangskraft-Schlupf-Kennfeld von Fig. 3 als Meßpunkte abgetragen. Zu diesen wie oben beschrieben erfaßten Meßwertpaaren ermittelt der Auswerterechner 4 eine Ausgleichskurve, und zwar speziell in Form einer linearen Regressionsgeraden RG, da der funktionale Zusammenhang von Reifenumfangskraft und Schlupf in diesem Mikroschlupfbereich als in sehr guter Näherung linear angenommen werden kann. Die Ermittlung der Regressionsgeraden RG erfolgt mit Hilfe der bekannten Technik der linearen Regression, wozu auf die Literatur verwiesen werden kann.

Je nach Bedarf sind auch andere Methoden zur Ermittlung einer Ausgleichskurve verwendbar. So kann in einer ersten Alternative für ein aktuelles Kraft-Schlupf-Meßwertpaar eine erste Geradengleichung und für ein zweites aktuelles Kraft-Schlupf-Meßwertpaar eine zweite Geradengleichung aufgestellt werden, bei denen jeweils die Steigung und der Achsenabstand die optimierbaren Parameter darstellen. Aus den beiden Geradengleichungen lassen sich die zwei unbekannten Parameter analytisch bestimmen, wobei vorliegend insbesondere der für den gesuchten wahren Kalibrierfaktor  $k$  maßgebliche Achsenabschnitt interessiert. Der Berechnungsvorgang wird zweckmäßigerweise laufend wiederholt, und die Ergebnisse werden durch geeignete Filterung geglättet.

Eine weitere Möglichkeit zur Ermittlung der Ausgleichskurve besteht in der Verwendung eines an sich, z. B. aus der Satellitennavigation, bekannten Kalman-Filters 11, wie es in Fig. 4 dargestellt ist und im Auswerterechner 4 implementiert sein kann. Dem Kalman-Filter 11 werden die Reifenumfangskraft- und Schlupf-Meßwerte als Eingangsgrößen  $x$  bzw.  $y$  zugeführt. Das Kalman-Filter 11 bestimmt dann eine die eingegebenen Meßwertpaare bestapproximierende Ausgleichskurve als Polynom  $n$ -ten Grades, wobei vorliegend als einfaches Beispiel  $n=1$ , d. h. eine Gerade  $y=ax+b$  mit den optimierbaren Parametern Steigung  $a$  und  $y$ -Achsenabschnitt  $b$  gewählt ist. Dabei lassen sich die Filterteile des Kalman-Filters 11 für den Steigungsparameter  $a$  und den Achsenabschnittsparameter  $b$  getrennt über zugehörige Einstellsignale  $Ea$ ,  $Eb$  einstellen. Am Ausgang liefert dann das Kalman-Filter 11 die optimierten Schätzwerte für die Steigung  $a$  und den  $y$ -Achsenabschnitt  $b$ .

Nachdem auf die eine oder andere der oben beschriebenen Arten eine Ausgleichskurve ermittelt wurde, wird deren  $x$ -Achsenabschnitt  $x_0$  bestimmt, wie in Fig. 3 für die Regressionsgerade RG veranschaulicht. Im Fall einer Geraden als Ausgleichskurve ergibt sich mit der Geradengleichung  $F=c_1\lambda+c_2$  für den Zusammenhang der Reifenumfangskraft  $F$  als Funktion des Schlupfes  $\lambda$  mit der optimierten Steigung  $c_1$  und dem optimierten  $y$ -Achsenabschnitt  $c_2$  für den Ausgleichskurven-Offsetwert  $x_0$  die Beziehung

$$x_0 = -c_2/c_1.$$

Der sich ergebende Offsetwert  $x_0$  entspricht einem Scheinschlupf aufgrund einer Dekalibrierung, d. h. Fehlbestimmung, der dynamischen Rollradien der beteiligten Räder und damit des entsprechenden Kalibrierfaktors. Vorausgesetzt ist dabei, daß andere Scheinschlupfeinflüsse, insbesondere der Kurvenfahreinfluß, eliminiert sind. Der Kurvenfahreinfluß läßt sich beispielsweise dadurch unterdrücken, daß nur Reifenumfangskraft-Schlupf-Meßwertpaare bei ausreichendem Grad an Geradeausfahrt für die Auswertung herangezogen werden. Alternativ läßt sich der Kurvenfahreinfluß durch Verwendung einer größeren Zahl von während einer längeren Fahrtstrecke gewonnenen Meßwertpaaren eliminieren, da bei längeren Fahrtstrecken das Fahrzeug im Mittel in sehr guter Näherung geradeaus fährt, so daß sich kurvenfahrtbedingte Abweichungen bei der Ermittlung der Ausgleichskurve herausmitteln. Als weitere Alternative ist es möglich, den jeweiligen Grad an Kurvenfahrt meßtechnisch zu erfassen und den davon verursachten, geometrischen Scheinschlupfanteil zu bestimmen und vom Schlupfmeßwert zu subtrahieren. Mit den obigen Definitionen  $\lambda=1-k\lambda_0/t_n$  für den Schlupf  $X$  und  $k=r_0/r_a$  für den Kalibrierfaktor  $k$  läßt sich aus dem Offsetwert  $x_0$  ein neuer Kalibrierfaktor  $k_{neu}$  anstelle eines bisher verwendeten Kalibrierfaktorwertes  $k_{alt}$  durch die Beziehung

$$k_{neu} = k_{alt}/(1 - x_0)$$

ableiten, mit dem die Dekalibrierung behoben und dadurch ein Raddrehzahlabgleich zwischen einem angetriebenen und einem nicht angetriebenen Rad realisiert wird. Der neue Kalibrierfaktor  $k_{neu}$  gibt den neuen Wert des dynamischen Radradienverhältnisses  $k_{neu}=r_0/r_a$  an, aus dem wiederum in an sich bekannter Weise auf den relativen Reifendruck der beiden Räder geschlossen werden kann, so daß insbesondere ein übermäßiger Druckverlust des einen relativ zum anderen Rad erkannt werden kann. Hierfür kann z. B. vorgesehen sein, daß der Auswerterechner 4 feststellt, ob sich der Kalibrierwert betragsmäßig um mehr als einen vorgegebenen Grenzwert ändert, was er dann richtigerweise als übermäßigen Reifendruckverlust interpretiert und daraufhin die entsprechende Warnmeldung 10 abgibt. Außerdem zeigt er an, an welchem Rad der Druckverlust vorliegt.

Es zeigt sich, daß mit dem beschriebenen Verfahren schon solche relativen Reifendruckverluste zwischen einem angetriebenen und einem nicht angetriebenen Rad erkannt werden können, die zu einer Schlupfdekalibrierung von nur etwa 0,5% führen. Daher werden insbesondere bei Lastkraftwagen mit Nenndruckwerten im Bereich von 6 bar bis 8 bar Druckverluste von 10% und mehr sehr zuverlässig erkannt.

Auf der Basis der oben erläuterten relativen Reifendruckbestimmung zwischen einem angetriebenen und einem nicht angetriebenen Rad können je nach Anwendungsfall folgende weitere Maßnahmen durchgeführt werden. Zum einen kann die beschriebene relative Reifendruckbestimmung sowohl für die beiden seitengleichen wie auch für die beiden

diagonalen Radpaare eines vierradrigen Fahrzeugs durchgeführt werden. Jedes Rad ist dadurch zweifach in die relative Reifendruckbestimmung involviert, was die Zuverlässigkeit der Druckbestimmung erhöht. Eine Druckverlustwarnung erfolgt in diesem Fall zweckmäßigerweise immer dann, wenn dies sowohl durch die Druckbestimmung für die seitengleichen als auch die diagonalen Radpaare indiziert ist. Alternativ kann zusätzlich eine Druckbestimmung für die achsgleichen Radpaare vorgesehen sein und eine Druckverlustwarnung erst erfolgen, wenn dies auch durch diese Druckbestimmung für die achsgleichen Radpaare indiziert ist. Zum anderen kann, wie oben erwähnt, durch Anbringen eines absoluten Drucksensors an wenigstens einem Fahrzeugrad der Reifendruck an diesem Rad absolut gemessen und anhand dieses Referenzwertes aus den ermittelten relativen Reifendruckwerten absolute Druckwerte für alle Fahrzeugräder gewonnen werden. Weiter besteht die Möglichkeit einer achsweisen Kalibrierung der Raddrehzahlen. Der Kurvenfahrteinfluß kann dabei geeignet eliminiert werden, wie oben beschrieben, z. B. durch eine gleitende Mittelwertbildung der ermittelten achsgleichen Raddrehzahlen über einen ausreichend langen Mittelungszeitraum. Da ein Reifendruckverlust im Gegensatz zu einer Kurvenfahrt über einen längeren Zeitraum hinweg auftritt, kann er auf diese Weise problemlos von Kurvenfahrteinflüssen unterschieden werden. Alternativ können die kurvenfahrtbedingten, gleichsinnigen Änderungen des Radradienverhältnisses an Vorder- und Hinterachse und dadurch der Grad an Kurvenfahrt detektiert werden, um dann die in der jeweiligen Fahrphase gewonnenen Ergebnisse je nach Maß an Kurvenfahrt stärker oder schwächer zu gewichten.

Ein weiterer Anwendungsfall berücksichtigt den Einfluß der Fahrzeugdynamik. Für die achsweiser Kalibrierung ist relativ wenig Querdynamik, für die gleichseitige Kalibrierung hingegen relativ viel Längsdynamik von Nutzen. Basierend auf dieser Tatsache lassen sich Dynamikfaktoren zur Bewertung der Fahrzeuglängs- und Fahrzeugquerdynamik entwickeln, um den achsweisen bzw. den gleichseitigen Raddrehzahl-Kalibrieralgorithmus geeignet zu steuern. Die Längsdynamik läßt sich aus der Fahrzeugbeschleunigung, wie sie z. B. aus den Raddrehzahlensignalen abgeleitet werden kann, und der Antriebskraftänderung bestimmen. Die Querdynamik bestimmt sich aus der Häufigkeit von Kurven in einem bestimmten Zeitabschnitt.

Des weiteren ist eine Berücksichtigung der Radlast möglich. Eine Radlaständerung bewirkt gleichsinnige Änderungen des Radradienverhältnisses sowohl für die gleichseitigen Radpaare als auch für die diagonalen Radpaare. Untersuchungen zeigen außerdem, daß die Steigung  $c_1$  der Reifenumfangskraft-Schlupf-Kurve in guter Näherung proportional zur Radlast ist. Durch Beobachtung dieses Zusammenhangs ist anhand der Ermittlung der Steigung  $c_1$  der Reifenumfangskraft-Schlupf-Ausgleichskurve eine Radlastbestimmung möglich, so daß dann auch der Einfluß der Radlaständerung auf die Reifendruckbestimmung eliminiert werden kann. Zu beachten ist dabei, daß die achsweisen Kalibrierwerte von einer Radlaständerung nicht beeinflußt werden. Bei Bedarf kann das vorliegende System um einen sogenannten Systembeobachter ergänzt werden, z. B. in Form eines Fuzzy-Control-Moduls. Dieser Beobachter beobachtet alle ihm zugeführten Eingangsgrößenwerte und löst eine Reifendruckverlust-Warnmeldung erst bei einer sich aus den Eingangsgrößenwerten eindeutig ergebenden Tendenz und nach einer Redundanzprüfung aus. Störgrößen und Systemzustandsschwankungen lassen sich dadurch eliminieren, was die Genauigkeit und Zuverlässigkeit des Systems erhöht.

1. Verfahren zur Überwachung des Reifenluftdrucks von Rädern eines Kraftfahrzeuges, dadurch gekennzeichnet, daß

- im laufenden Fahrbetrieb für wenigstens ein angetriebenes Rad der Schlupf ( $\lambda$ ) sowie die zugehörige Reifenumfangskraft ( $F$ ) in Form jeweiliger Reifenumfangskraft-Schlupf-Meßwertpaare erfaßt werden,
- zu erfaßten Reifenumfangskraft-Schlupf-Meßwertpaaren eine Ausgleichskurve (RG) ermittelt wird,
- der Offsetwert ( $x_0$ ) der ermittelten Ausgleichskurve bezüglich des Nullpunktes im Reifenumfangskraft-Schlupf-Kennfeld ermittelt wird und
- aus dem Offsetwert auf das zugehörige Radradienverhältnis ( $r_p/r_a$ ) zwischen wenigstens einem nicht angetriebenen und einem angetriebenen Rad geschlossen und daraus der relative Reifenluftdruck der Räder bestimmt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, weiter dadurch gekennzeichnet, daß die Ausgleichskurve als eine Gerade durch zwei erfaßte Reifenumfangskraft-Schlupf-Meßwertpaare oder als eine Näherungsgerade (RG) für mehr als zwei erfaßte Reifenumfangskraft-Schlupf-Meßwertpaare ermittelt wird, wobei als Meßwertpaare solche aus einem Mikroschlupfbereich mit Schlupfwerten kleiner als etwa 2% herangezogen werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, weiter dadurch gekennzeichnet, daß der relative Reifenluftdruck bei einem Kraftfahrzeug mit auf einer ersten Achse angetriebenen Rädern und auf einer zweiten Achse nicht angetriebenen Rädern sowohl für die jeweils seitengleichen als auch für die diagonal gegenüberliegenden Radpaare bestimmt wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, weiter dadurch gekennzeichnet, daß an wenigstens einem Rad der absolute Reifenluftdruck direkt gemessen und als Referenzdruckwert für den für wenigstens ein anderes Rad ermittelten relativen Reifenluftdruckwert benutzt wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, weiter dadurch gekennzeichnet, daß die Steigung ( $c_1$ ) der ermittelten Ausgleichskurve ermittelt wird und daraus auf die Radlast geschlossen wird.

6. Vorrichtung zur Bestimmung des Reifenluftdrucks von Rädern eines Kraftfahrzeuges, mit

- Mitteln (1, 3, 4, 5, 7) zur Erfassung des Schlupfes ( $\lambda$ ) und der zugehörigen Reifenumfangskraft ( $F$ ) in Form jeweiliger Reifenumfangskraft-Schlupf-Meßwertpaare für wenigstens ein angetriebenes Rad im laufenden Fahrbetrieb, gekennzeichnet durch
- eine Auswerteeinheit (4), die zu wenigstens einem Teil der erfaßten Reifenumfangskraft-Schlupf-Meßwertpaare eine Ausgleichskurve (RG) sowie deren Offsetwert ( $x_0$ ) bezüglich des Nullpunktes im Reifenumfangskraft-Schlupf-Kennfeld und/oder deren Steigung ( $c_1$ ) ermittelt und aus dem ermittelten Offsetwert auf das zugehörige Radradienverhältnis ( $r_p/r_a$ ) zwischen einem nicht angetriebenen Rad und dem wenigstens einen angetriebenen Rad schließt und daraus den relativen Reifenluftdruck der Räder bestimmt und/oder aus der ermittelten Steigung die Radlast bestimmt.

7. Vorrichtung nach Anspruch 6, weiter dadurch ge-

kennzeichnet, daß

- eine Reifendrucksensorik (8) vorgesehen ist, die den Reifenluftdruck eines Teils der Fahrzeugräder mißt und
- die Auswerteeinheit (4) den von der Reifendrucksensorik (8) am jeweiligen Rad gemessenen absoluten Reifenluftdruck als Referenzdruckwert zur Bestimmung des absoluten Reifenluftdrucks für wenigstens ein anderes Rad anhand des für dieses ermittelten relativen Reifenluftdruckwertes benutzt.

---

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

---

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65



- Leerseite -

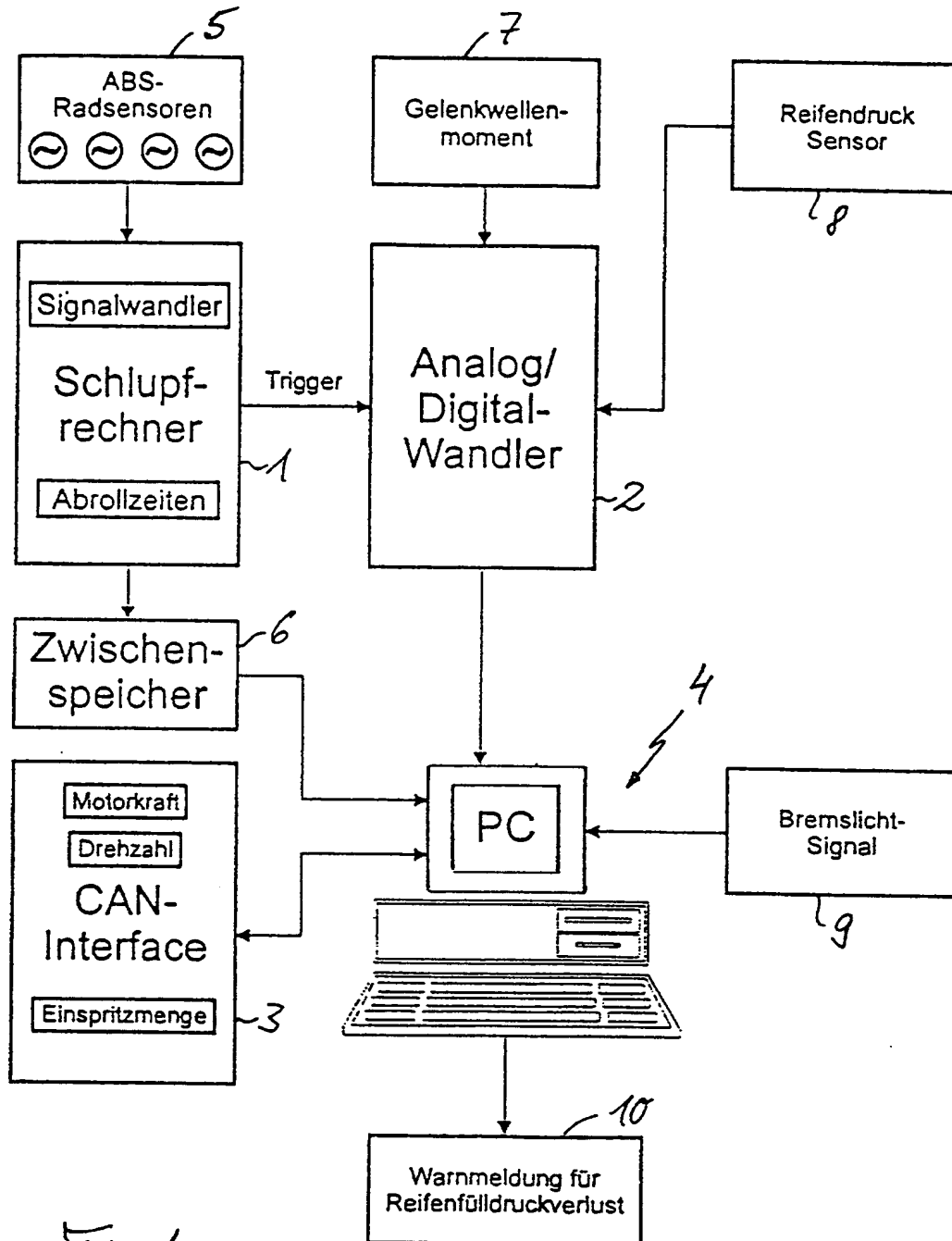


Fig. 1

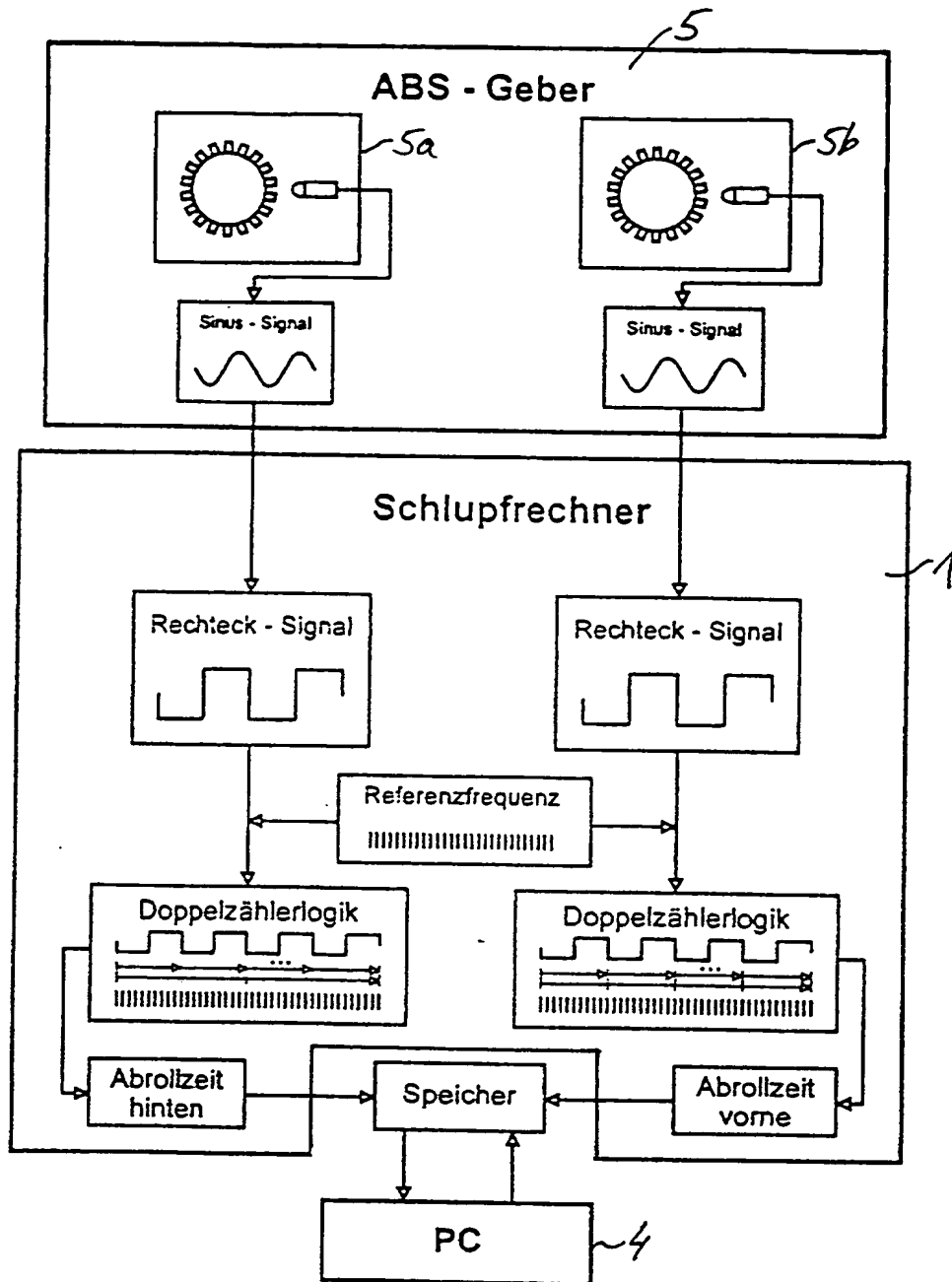


Fig. 2

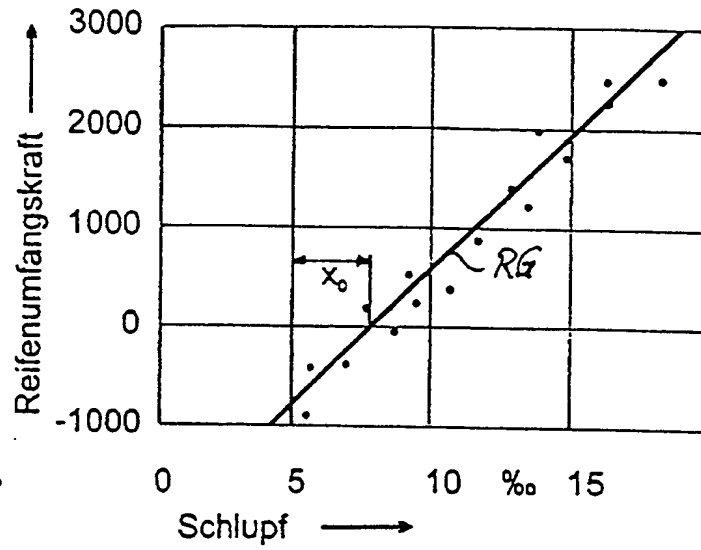


Fig. 3

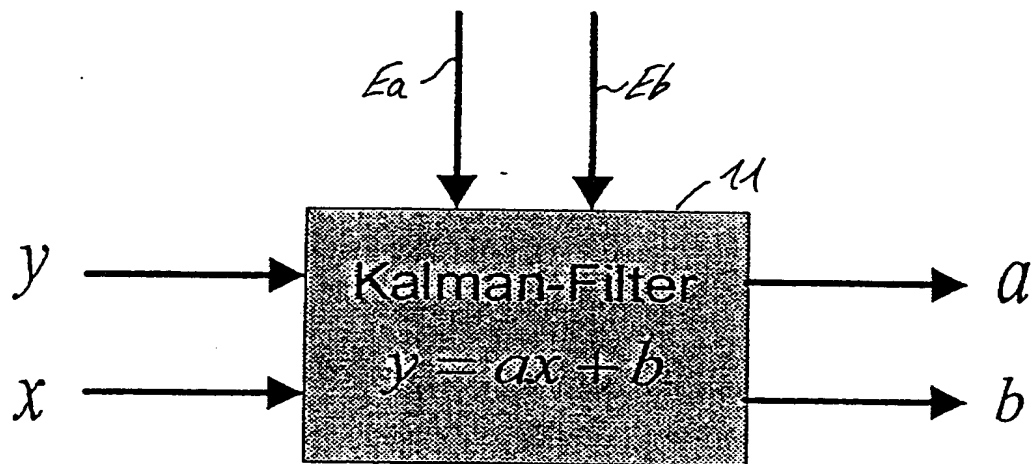


Fig. 4